

⑩

Int. Cl.:

P-1535-U
'G 03 c, 5/00

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



⑪

Deutsche Kl.: 57 b, 5/00

⑫

Offenlegungsschrift 1 572 195

⑬

Aktenzeichen: P 15 72 195.6 (T 28744)

⑭

Anmeldestag: 5. Juni 1965

⑮

Offenlegungstag: 26. März 1970

⑯

Ausstellungsriorität: —

⑰

Unionspriorität

⑱

Datum:

⑲

Land:

⑳

Aktenzeichen:

㉑

Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung von Mikrostrukturen kleiner Linienbreite

㉒

Zusatz zu: —

㉓

Ausscheidung aus: —

㉔

Anmelder: Telefunken Patentverwertungsgesellschaft mbH, 7900 Ulm

㉕

Vertreter: —

㉖

Als Erfinder benannt: Hennings, Dipl.-Phys. Dr. Klaus, 7100 Heilbronn;
Schütze, Dipl.-Phys. Dr. Hans-Jürgen, 8050 Freising

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): 18. 4. 1969

ORIGINAL INSPECTED

⑩ 3.70 009 813 654

5 80

Telefunkens
Patentverwertungsgesellschaft
m.b.H.
Ulm (Donau), Elisabethenstraße 3

Faksdrift

Ulm (Donau), den 1. Juni 1965
FE/PT-Ul/Be U 61/65

Verfahren zur Herstellung von Mikrostrukturen
kleiner Linienbreite

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Mikrostrukturen kleiner Linienbreite mit Hilfe lichtempfindlicher Schichten.

In der Halbleitertechnik werden Mikrostrukturen kleiner Linienbreite z. B. im Falle von Transistoren und Festkörperschaltungen oder auch z. B. für die Belichtungs- und Aufdampfmasken von Transistoren, Festkörper- und Dünnfilmschaltungen unter Zuhilfenahme der bekannten Photolacktechnik hergestellt. Allgemein ist die kleinste, technologisch noch herstellbare Abmessung einer Struktur hauptsächlich durch drei Faktoren bedingt, nämlich durch das Ausmaß der Unterätzung der Photolackmasken, das Auflösungsvermögen der lichtempfindlichen Schichten (Photolack oder photographische Platte) und das Auflösungsvermögen der bei der Ver-

-- 2 --

009813/0654

BAD ORIGINAL

kleinerung verwendeten Optik. Bei Kontaktbelichtung mit Strukturen extrem kleiner Abmessungen kommt außerdem noch die Beugung an der Struktur selbst dazu. Während das Auflösungsvermögen der Optik durch deren Apertur und Aberrationen und die verwendete Lichtwellenlänge bestimmt ist, wird das Auflösungsvermögen der lichtempfindlichen Schichten hauptsächlich von ihrem Diffusionslichthof begrenzt. Bei der Abbildung durch ein Objektiv auf eine photographische Schicht überlagern sich die Auflösungsvermögen des Objektives und der Schicht, wobei sich durch sinusförmigen Intensitätsverlauf definierten Kontrastübertragungsfunktionen $K = f(L)$ miteinander multiplizieren; hierbei ist $L = \text{Linienzahl/mm}$. Die Auflösung L_{\max} ist dann durch die Linienzahl/mm definiert, bei welcher der Kontrast K den Wert 0 bzw. den nicht mehr wahrnehmbaren Schwellenwert K_{\min} erreicht.

Versuche haben nun gezeigt, daß sich das Auflösungsvermögen L_{\max} bzw. der Verlauf der Kontrastübertragungsfunktion bei $L < L_{\max}$ günstig beeinflussen läßt, wenn zur Abbildung bzw. Belichtung polarisiertes Licht verwendet wird. Die Verbesserung tritt dabei senkrecht zur Polarisationsrichtung des Lichtes ein, ohne daß in der Polarisationsrichtung eine Verschlechterung zu beobachten wäre. Für die Abbildung richtungsunabhängiger Strukturen ist dieser Umstand kaum von Bedeutung. Anders liegen dagegen die Verhältnisse bei Halbleiterbauelementen, Festkörper- und Dünffilmschaltungen. Hier handelt es sich meist um Strukturen, bei denen eine

Richtung bevorzugt ist. Durch geeignete Anordnung der einzelnen Elemente erhält man eine Vorzugsrichtung für die ganze Anordnung bzw. Maske, indem Elemente, die besonders schmale Linien enthalten, wie z. B. Transistoren und Widerstände für hohe Frequenzen bzw. kleine Schaltzeiten, so angeordnet werden, daß diese schmalen Linien alle in der gleichen Richtung verlaufen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von Mikrostrukturen kleiner Linienbreite mit Hilfe lichtempfindlicher Schichten anzugeben, bei dessen Anwendung auch Mikrostrukturen von sehr geringer Linienbreite mit ausreichendem Kontrast hergestellt werden können. Erfindungsmaß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein Verfahren vorgeschlagen wird, bei dem zur Belichtung bzw. Abbildung der gewünschten Muster polarisiertes Licht verwendet wird. Es wird weiter vorgeschlagen, daß dabei die Polarisationsrichtung des Lichtes in Richtung der Längen der schmalen Linien des Maskenmusters bzw. senkrecht zu den kritischen Abmessungen verläuft. Es werden dann die schmalen Linien in Richtung ihrer Breite schärfer abgebildet als im Fall der Verwendung von unpolarisierterem Licht.

Weiterhin wird eine Anordnung für eine Festkörper- oder Dünnfilmschaltungsanordnung vorgeschlagen, bei der die schmalen Linien aller Elemente der Halbleiteranordnung oder Dünnfilm-

schaltung oder wenigstens die schmalen Linien bzw. die kritischen Abmessungen der zur Herstellung benutzten Masken in der gleichen Richtung verlangen.

Das erfindungsgemäße Verfahren sei anhand der Figur erläutert. In ihr ist ein Teil einer Festkörperschaltung dargestellt. 1 ist ein isolierter Transistor mit dem Emitteranschluß 2, dem Basisanschluß 3 und dem Kollektoranschluß 4. 5 ist ein Basiswiderstand und 6 ein Kollektowiderstand, 7 und 8 sind Verbindungsleitungen. Um kleine Emitter- und Kollektorkapazitäten und einen niedrigen Basiswiderstand zu erzielen, sind geringe Liniendichten des Emitteranschlußstreifens 2 und des Basisanschlußstreifens 3 und für den Abstand zwischen 2 und 3 sowie zwischen 3 und der Basisberandung 9 erforderlich. Weiterhin muß zur Erzielung geringer Koppelkapazitäten der Widerstände 5 und 6 deren Liniendichte und zur besseren Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Platzes auch deren Liniendistanz möglichst klein sein. Alle diese kritischen Abmessungen liegen in der gleichen Richtung, wie dies die Figur zeigt. Bei der Herstellung dieser Mikrostrukturen mit Hilfe eines lichtempfindlichen Lackes auf der Oberfläche der Anordnung, welcher durch Belichtungsmasken hindurch belichtet wird, wird daher erfindungsgemäß polarisiertes Licht einer Polarisationsrichtung verwendet, welche senkrecht zur Breite der schmalen Linien der dargestellten Mikrostruktur verläuft, wie dies in der Figur durch den einge-

zeichneten Doppelpfeil 1o angedeutet ist.

Analog wendet man das erfindungsgemäße Verfahren bei der letzten optischen Verkleinerung zur Herstellung von Belichtungsmasken und zur direkten Abbildung auf Photolackschichten an, ebenso zur Vervielfältigung von Belichtungsmasken nach einer Mustermaske durch Kontaktbelichtung. Unter schmalen Linien, die in die gleiche Richtung gelegt werden, sollen dabei nicht nur z. B. Emitter-, Basis- oder Widerstandsstreifen verstanden werden, sondern allgemein kritische Abmessungen wie z. B. sehr kleine Abstände der Emitter-, Basis- und Widerstandsstreifen oder anderer Elemente auch wenn diese selbst größere Abmessungen besitzen. Bei Feldeffekt- bzw. MOS-Transistoren gilt dies z. B. für die Abstände der Gate-Elektrode von der Source- und Drain-Elektrode. In der Festkörperorschaltung selbst können z. B. die schmalen Linien der Transistoren und die der aufgedampften Dünnfilmwiderstände verschiedene Richtungen haben. Die Polarisationsrichtung muß nur zur jeweiligen Transistor- bzw. Widerstandsmaske ausgerichtet sein.

Die Kontrastübertragungsfunktion lichtempfindlicher Schichten verschiebt sich in bekannter Weise mit abnehmender Wellenlänge zu kleineren Werten hin, wird also schlechter. Bei der optischen Verkleinerung wird im allgemeinen mit monochromatischem Licht einer Wellenlänge zwischen ca. 250 - 550 nm gearbeitet, bei der das Objektiv die günstigste Kontrastübertragungsfunktion

besitzt. Bei der Belichtung des Photolackes durch die Belichtungsmaske hindurch wird dagegen meist das breite Spektrum einer Quecksilberdampflampe benutzt, welche Linien hoher Intensität bis zu 250 nm Wellenlänge enthält, die sich auch dann noch kontrastvermindernd auswirken können, wenn sie durch das Glas der Belichtungsmaske etwas gedämpft werden. Erfindungsgemäß wird deshalb vorgeschlagen, das kurzwellige Ende des Empfindlichkeitsbereiches des Photolackes nicht auszunutzen, sondern vielmehr den verwendeten Spektralbereich durch Vorschalten eines Filters auf Wellenlängen > 350 nm oder sogar > 400 nm zu begrenzen, insbesondere im Falle der oben vorgeschlagenen Verwendung von polarisiertem Licht, da die Polarisationswirkung der meisten Polarisatoren stark wellenlängenabhängig ist. Bei der optischen Abbildung durch ein Objektiv werden Polarisator und Filter zweckmäßig in den beleuchtenden Strahlengang und nicht in den abbildenden Strahlengang geschaltet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Mikrostrukturen kleiner Linienbreite mit Hilfe lichtempfindlicher Schichten, dadurch gekennzeichnet, daß zur Belichtung bzw. Abbildung der gewünschten Muster polarisiertes Licht verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisationsrichtung des verwendeten polarisierten Lichtes in Richtung der Längen der schmalen Linien bzw. senkrecht zu den kritischen Abmessungen des Musters vorläuft.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch seine Anwendung bei der Kontaktbelichtung einer lichtempfindlichen Schicht durch eine Belichtungsmaske oder bei der optischen und vorzugsweise verkleinerten Abbildung eines Musters auf eine lichtempfindliche Schicht, vorzugsweise eine photographische Platte oder eine Photolackschicht.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, gekennzeichnet durch seine Verwendung bei der Herstellung von Mikrostrukturen bei Festkörper- oder Dünffilmschaltungen.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, gekennzeichnet durch seine Verwendung zur Herstellung von Belichtungsmasken oder zur Vervielfältigung von Belichtungsmasken nach einer Mustermaske oder zur Herstellung von Aufdampfmasken.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Spektralbereich der verwendeten Lichtquelle durch Vorschalten eines Filters auf Wellenlängen > 350 nm bzw. 400 nm begrenzt wird.
7. Eine mit Hilfe des Verfahrens gemäß Anspruch 1, 2 oder 4 hergestellte Festkörper- oder Dünnfilmschaltung, dadurch gekennzeichnet, daß die schmalen Linien der Elemente dor jeweiligen Schaltung in der gleichen Richtung verlaufen.
8. Eine mit Hilfe des Verfahrens gemäß Anspruch 1, 2 oder 5 hergestellte Maske, dadurch gekennzeichnet, daß die schmalen Linien bzw. die kritischen Abmessungen des Maskenmusters in der gleichen Richtung verlaufen.

009813 / 0654

BAD ORIGINAL

1572195

57b 5-00 15 72 195 O.T: 26.3.1970

-9-

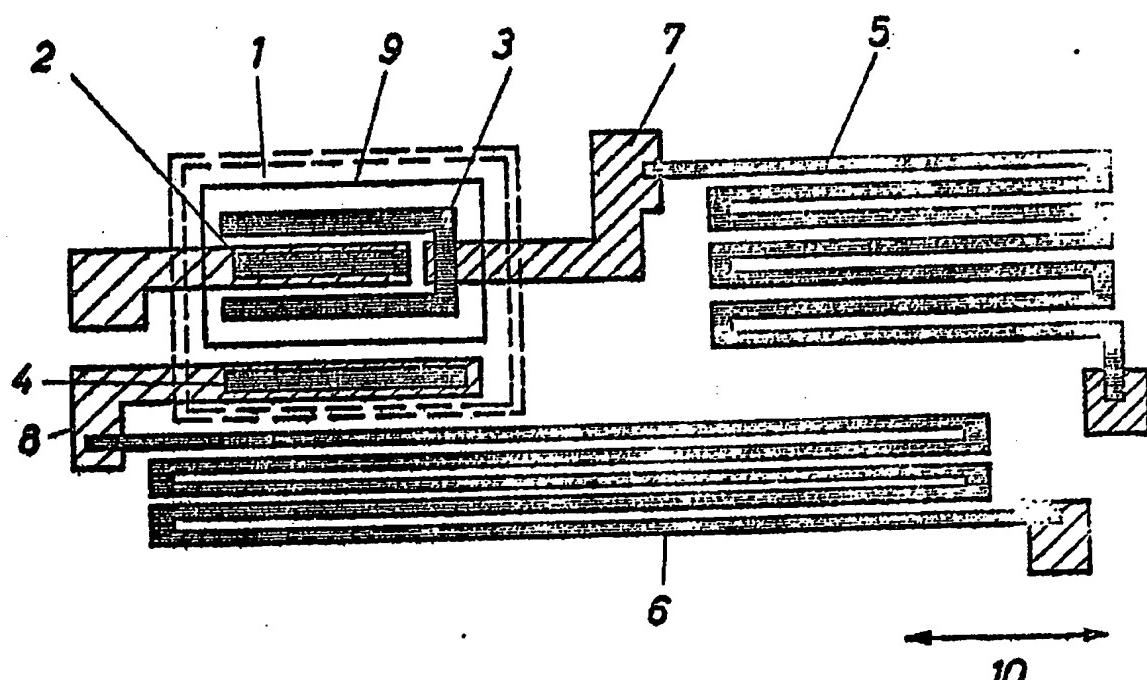


FIG.

009813 / 0654

German Offenlegungsschrift 1 572 195
Application filed: 5 June 1965
OLS published: 26 March 1970

Applicant: Telefunken Patentverwertungsgesellschaft mbH, 7900 Ulm

Title: Method of fabricating microstructures of small line width

Inventor: Hennings, Dipl.-Phys. Dr. Klaus, 7100 Heilbronn; Schütze, Dipl.-Phys. Dr. Hans-Jürgen, 8050 Freising

The invention relates to a method of fabricating microstructures of small line width with the use of photosensitive layers.

In semiconductor technology, known photoresist techniques are used to fabricate microstructures of small line width, for example in the case of transistors and solid-state circuits, or also for example for the exposure and evaporation masks that are used for transistors, solid-state circuits and thin-film circuits. Generally speaking, the smallest technologically achievable size of a structure is determined chiefly by three factors, namely the degree of undercutting of the photoresist masks, the resolving power of the photosensitive layers (photoresist or photographic plate), and the resolving power of the optical system used for size reduction. In the case of contact exposure with structures of extremely small dimensions, diffraction by the structure itself is an additional factor. While the resolving power of the optical system is determined by its aperture and aberrations and by the wavelength of light used, the resolving power of the photosensitive layers is limited mainly by their diffuse halation. When a lens is used to form an image on a photographic layer, the resolving powers of the lens and of the layer are combined and the contrast transfer functions $K = f(L)$, which are defined by sinusoidal intensity curves, are multiplied together; in the above expression is $L = \text{number of lines/mm}$. The resolution L_{\max} is then defined by the number of lines/mm at which the contrast K reaches 0 or K_{\min} , the threshold value that is no longer observable.

Experiments have now shown that the resolving power L_{\max} or the behaviour of the contrast transfer function where $L < L_{\max}$ can be positively influenced by using polarized light for imaging or exposure. The improvement is obtained vertically to the direction of polarization of the light, without any deterioration in the direction of polarization. This is of virtually no importance when imaging direction-independent structures. However, the situation is different with semi-conductor components, solid-state circuits and thin-film circuits. These are mostly structures in which one direction is preferred. By appropriately laying out individual elements, a preferred direction is obtained for the whole assembly or mask, elements containing particularly thin lines, such as for example transistors and resistors for high frequencies or small switching times, being arranged such that these thin lines all lie in the same direction.

The aim of the invention is to provide a method of fabricating microstructures of small line width using photosensitive layers, which enables microstructures of very small line width to be fabricated with sufficient contrast. In accordance with the invention, this aim is achieved by a method in which polarized light is used to expose or to image the required pattern. Furthermore, the direction of light polarization lies in the direction of the lengths of the thin lines of the mask pattern or vertically to the critical dimensions. As a result, the thin lines are imaged more sharply in the direction of their width than it is the case when non-polarized light is used.

Furthermore, there is proposed a configuration for a solid-state or thin-film circuit layout in which the thin lines of all of the elements of the semiconductor assembly or thin-film circuit, or at least the thin lines or the critical dimensions of the masks used for fabrication, lie in the same direction.

The method according to the invention will now be described with reference to the drawing, in which part of a solid-state circuit is shown. 1 is an isolated transistor with emitter contact 2, base contact 3 and collector contact 4. 5 is a base resistor and 6 a collector resistor. 7 and 8 are interconnections. In order to obtain small emitter and collector capacitances and a low

base resistance, small line widths are necessary for the emitter contact strip 2 and for the base contact strip 3, and for the spacing between 2 and 3 as well as between 3 and the base boundary 9. Also, in order to obtain low coupling capacitances for resistors 5 and 6, their line width must be as small as possible, as must their line spacing in order to make better use of the available space. All these critical dimensions lie in the same direction, as shown in the Figure. When these microstructures are fabricated with a photosensitive resist on the surface of the assembly which is exposed through exposure masks, polarized light is used in accordance with the invention with the direction of polarization vertical to the width of the thin lines of the shown microstructure, as indicated by depicted double arrow 10 in the Figure.

The method according to the invention is used analogously in the last optical reduction step to fabricate exposure masks and for direct imaging onto photoresist layers, and for copying exposure masks from a master mask by contact exposure. Thin lines aligned in the same direction are understood to mean not only for example the emitter, base or resistor strips, but also critical dimensions generally, such as for example the very small spacings of emitter, base and resistor strips or other elements, even though these per se may have larger dimensions. In field-effect transistors and MOS transistors, this includes for example the spacing of the gate electrode from the source and drain electrode. In the solid-state circuit itself, the thin lines of transistors and those of vapour-deposited thin-film resistors can lie in different directions, for example. The direction of polarization need be aligned only with the respective transistor or resistor mask.

The contrast transfer function of photosensitive layers is known to become smaller as wavelength decreases, in other words it deteriorates. In optical size reduction, use is generally made of monochromatic light having a wavelength between approx. 250 and 550 nm for which the lens has the most favourable contrast transfer function. However, when the photoresist is exposed through the exposure mask, use is generally made of the broad spectrum of a mercury vapour lamp which contains high-intensity lines up to a wavelength of 250 nm which can have a contrast-reducing effect if they are slightly attenuated by the glass

of the exposure mask. In accordance with the invention it is therefore proposed not to use the short-wave end of the sensitivity range of the photoresist, but instead to limit the spectral region used with an upstream filter to wavelengths > 350 nm or even > 400 nm, particularly when using polarized light as proposed hereabove, because the polarizing effect of most polarizers is highly wavelength-dependent. For optical imaging using a lens, the polarizer and filter are advantageously placed in the path of the illuminating beam and not the imaging beam.

Claims

1. A method of fabricating microstructures of small line width with the use of photosensitive layers, characterised in that polarized light is used to expose or to image the required patterns.
2. A method according to claim 1, characterised in that the direction of polarization of the polarized light used lies in the direction of the lengths of the thin lines or vertically to the critical dimensions of the pattern.
3. A method according to either of claims 1 or 2, characterised in that it is used for the contact exposure of a photosensitive layer through an exposure mask or for the optical and preferably reduced imaging of a pattern onto a photosensitive layer, preferably a photographic plate or a photoresist layer.
4. A method according to claim 1, 2 or 3, characterised in that it is used for fabricating microstructures for solid-state or thin-film circuits.
5. A method according to claim 1, 2 or 3, characterised in that it is used for fabricating exposure masks or for copying exposure masks from a master mask, or for fabricating evaporation masks.
6. A method according to any one of the preceding claims, characterised in that the spectral region of the light source used is limited with the use of an upstream filter to wavelengths > 350 nm or 400 nm.
7. A solid-state or thin-film circuit fabricated by the method according to claim 1, 2 or 4, characterised in that the thin lines of the elements of the respective circuit lie in the same direction.

8. A mask fabricated by the method according to claim 1, 2 or 5 characterised in that the thin lines or the critical dimensions of the mask pattern lie in the same direction.